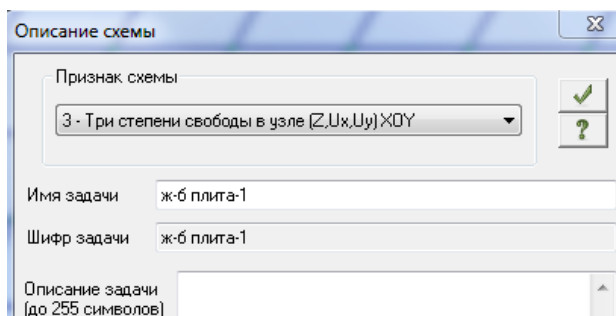


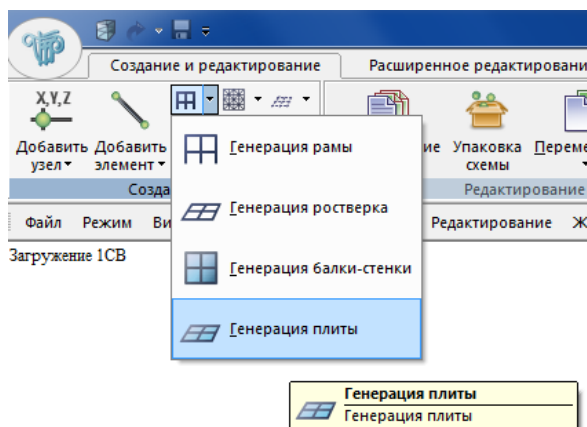
Оценка армирования монолитной железобетонной плиты

Плита с размерами 6x6 м по всему контуру опирается на стены. Толщина плиты 20 см, класс бетона В25, класс продольной арматуры А400.

1. Признак схемы -3.



2. Генерация плиты



3. Для разбивки на конечные пластинчатые элементы учитываем рекомендации:

Рекомендации по построению сетки конечных элементов

Необходимо помнить, что метод конечных элементов является приближенным методом и во многом от правильности разбиения (триангуляции) конструкции на отдельные КЭ зависит точность расчетов. Нет однозначно узаконенных требований по разбиению конструкции на отдельные КЭ,

но есть следующие общеизвестные рекомендации для любых расчетных моделей

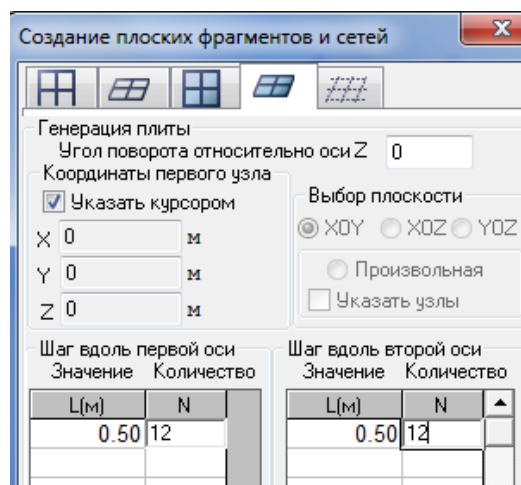
1. Линейные элементы требуют более мелкой сетки, чем элементы более высокого порядка (с промежуточными узлами).
2. Упорядоченная сетка предпочтительнее произвольной.
3. Прямоугольная сетка с четырьмя узлами более выгодна, чем сетка с треугольными элементами.
4. Сетка треугольных элементов с промежуточными узлами имеет точность, близкую к сетке прямоугольных элементов с четырьмя узлами.
5. Прямоугольная сетка с восемью узлами предпочтительнее сетке треугольных элементов с промежуточными узлами, несмотря на большую площадь прямоугольных элементов;
6. Аппроксимация перемещений кубическим полиномом (элемент третьего порядка) не требует мелкой сетки.
7. Мелкая сетка требуется там, где ожидается большой градиент деформаций или напряжений (отверстие, выточка, трещина и т. п.).
8. Крупная сетка может применяться в зонах с малоизменяющимися относительными деформациями или напряжениями, а также в областях, не представляющих особого интереса для расчетчика. В связи с этим перед созданием конечно-элементной сетки необходимо выделить предполагаемые области концентрации напряжений.
9. Точность результатов расчетов уменьшается, если существенно различаются размеры соседних элементов вблизи концентратора напряжений
10. Если стороны элементов сильно различаются по длине, то это приведет к плохой обусловленности матрицы накопленных уравнений и также к потере точности

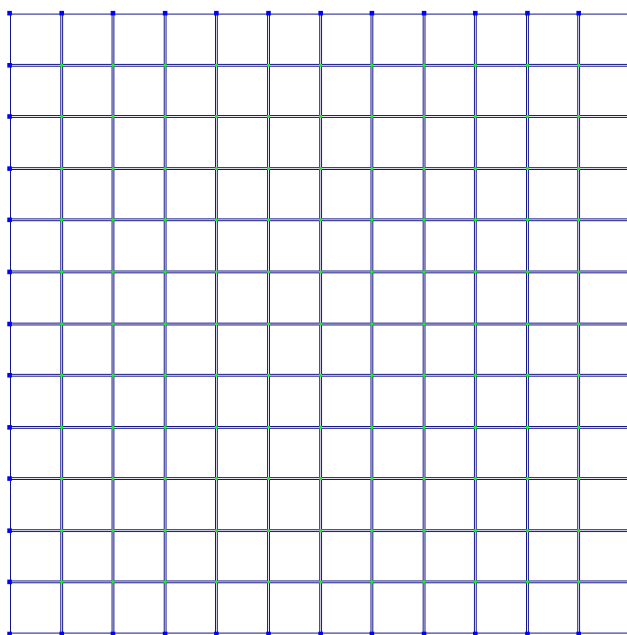
Рекомендации по разбиению плит

1. КЭ в плитах перекрытия принимается размером в 2 толщины и более (т.е. для плиты толщиной 200 мм – размер КЭ 400х400 мм);
2. Размер КЭ плиты перекрытия не более 1/6 пролета плиты;
3. Размер КЭ плиты перекрытия не менее 1/15 пролета плиты;
4. 10 элементов на пролет - во многих случаях довольно оптимальная сетка;
5. Не рекомендуется использовать треугольные элементы в которых присутствует угол меньше 15 градусов;
6. Не рекомендуется использовать прямоугольные КЭ с соотношением сторон $a/b > 5$;
7. Для строительных расчетов годится такое разбиение на КЭ, когда последующий расчет выдает результат, отличающийся от предыдущего не более 5%;
8. КЭ с углом менее 5 градусов являются явно вырожденными.

**НО НЕОБХОДИМО ВСЕГДА ПОМНИТЬ ВАЖНОЕ ПРАВИЛО.
НЕЗАВИСИМО ОТ ТОГО НАСКОЛЬКО КАЧЕСТВЕННО ВЫПОЛНЕНА ТРИАНГУЛЯЦИЯ,
КРИТЕРИЕМ ПРАВИЛЬНОСТИ РАСЧЕТОВ ЯВЛЯЕТСЯ КАЧЕСТВЕННЫЙ И КОЛИЧЕСТВЕННЫЙ
АНАЛИЗ И ПОВЕРОЧНЫЕ РАСЧЕТЫ ПО ПРОСТЫМ РАСЧЕТНЫМ СХЕМАМ!**

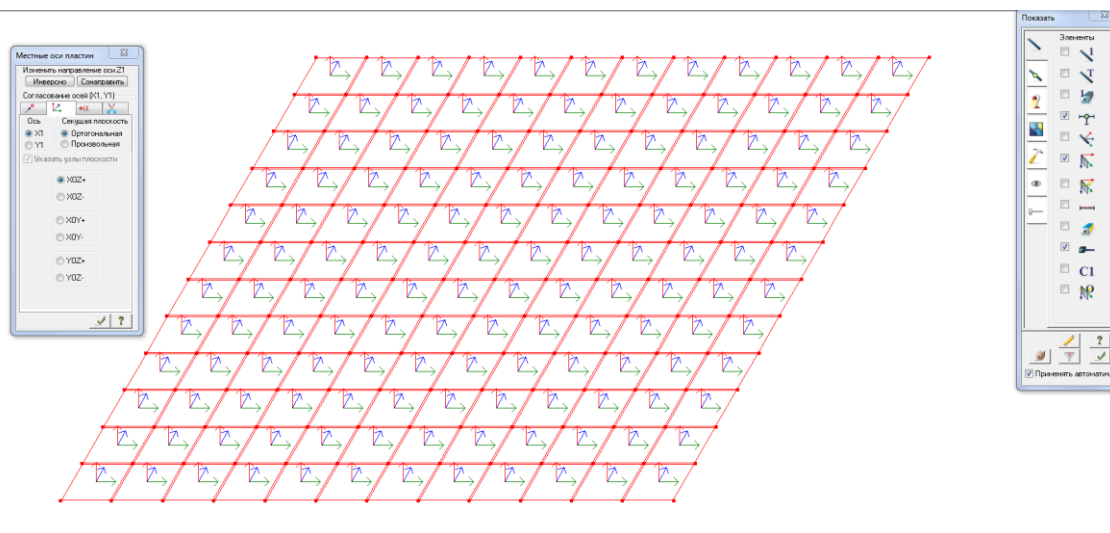
В примере примем размер конечного элемента пластинки 0,5 м



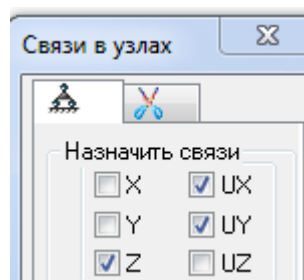
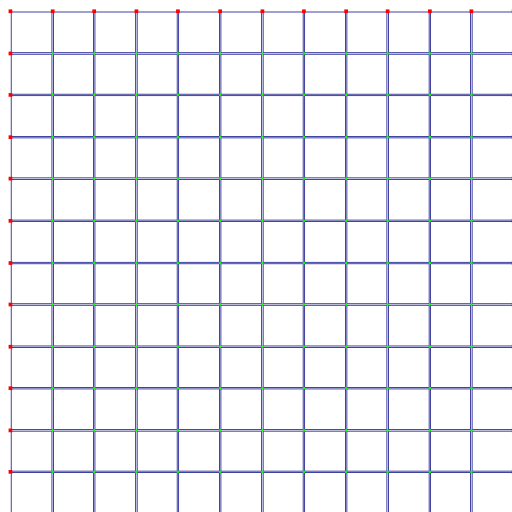


4. Проверяем согласованность местных осей пластинок (направление красной оси Z показывает расположение верхней арматуры)

Загрузка 2Полезная



5. В узлах по наружному контуру формируем жесткие опорные связи.



6. Формируем жесткость плиты

Задание жесткости для пластин

Учет ортотропии

E2 0

E 3e+007 кН/м² V21 0

V 0.2 G 0

H 20 см R0 25 кН/м³

7. Формируем список загрузений (нормативные значения)

- собственный вес;
- нагрузка от пола 1 кПа;
- полезная 25 кПа.

Редактор загрузений

Редактирование выбранного загрузения

Имя 3 Загрузка 2Полезная

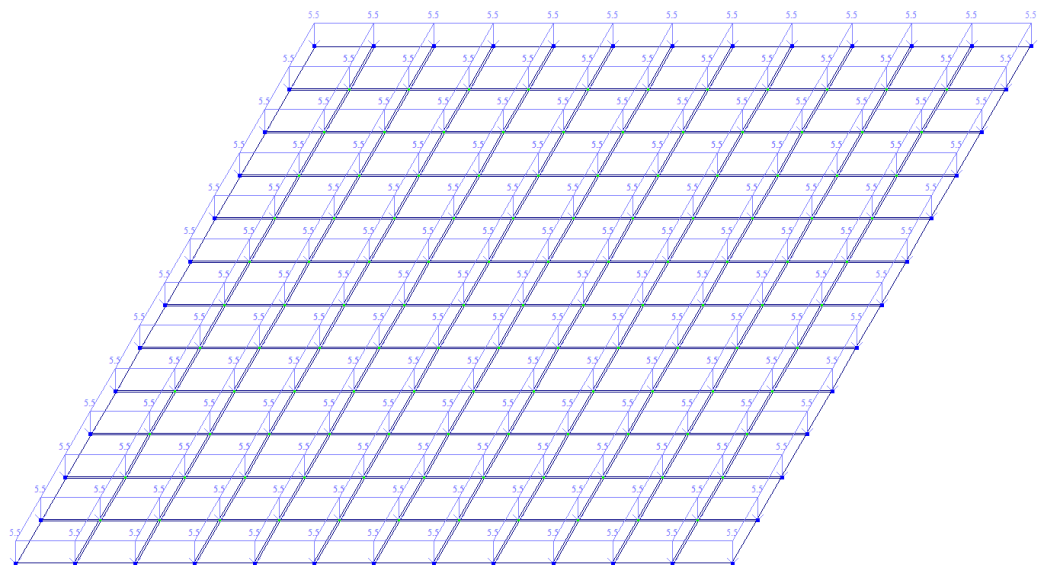
Вид Кратковременное

Узловые нагрузки: 0; Местные нагрузки: 144;

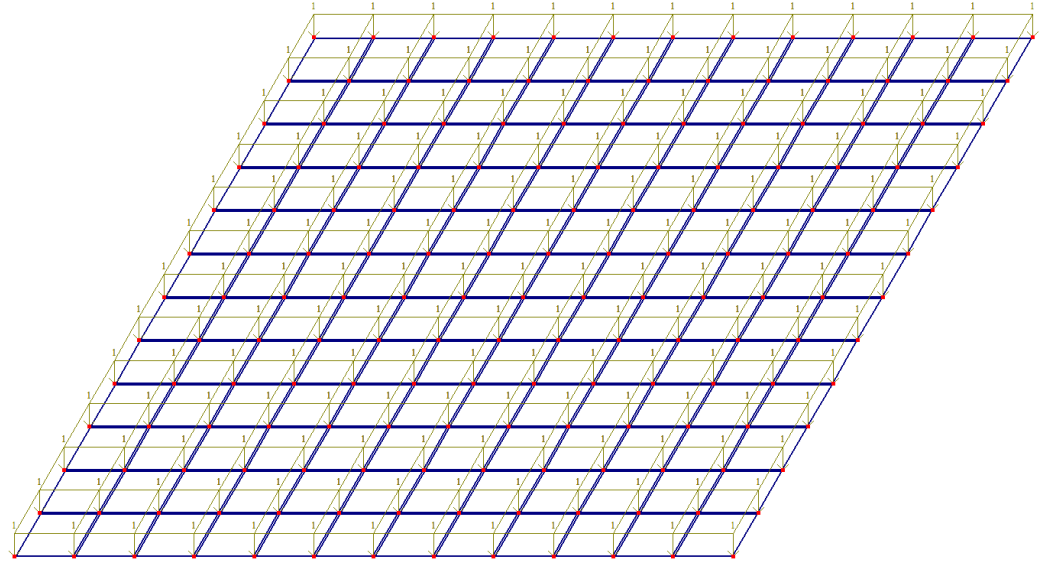
Список загрузений

#	Имя загрузения	Вид	Тип
1	Загрузка 1СВ	Постоянн...	
2	Загрузка 2 Пол	Постоянн...	
3	Загрузка 2Полезная	Кратковре...	

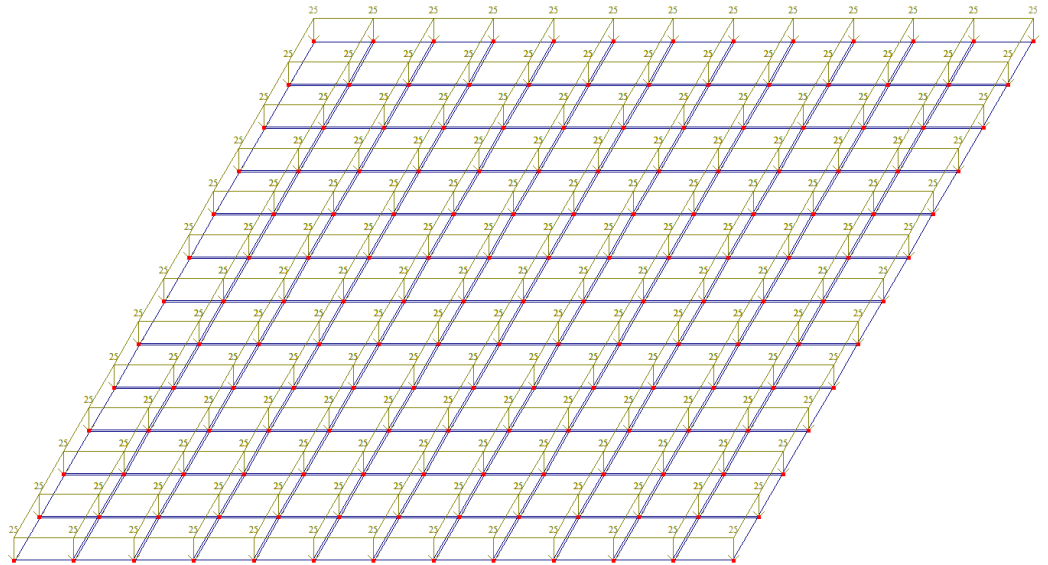
Загрузка 1СВ



Загрузка 2 Пол



Загрузка 2Полезная



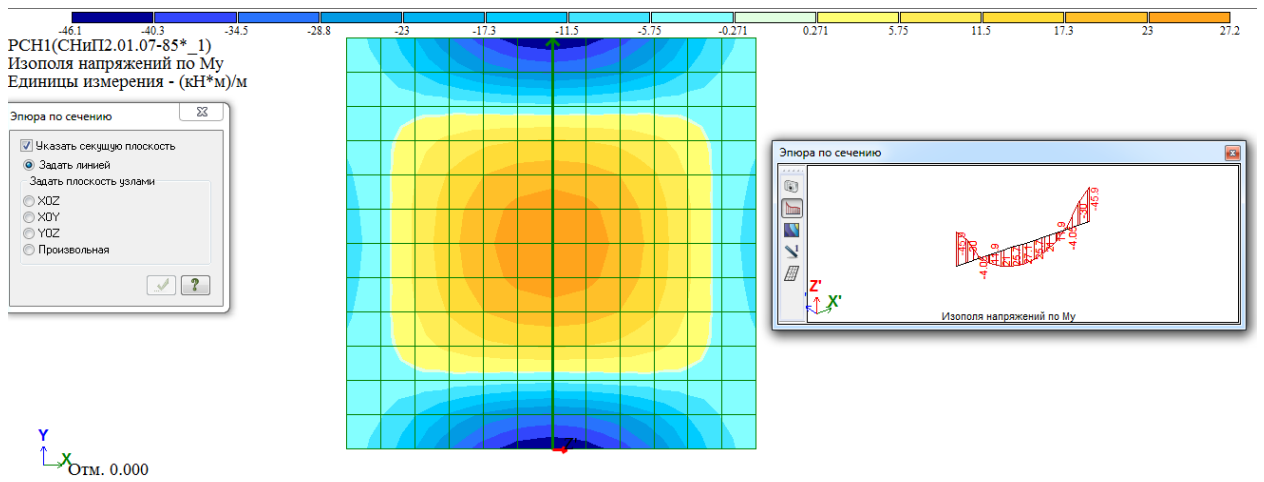
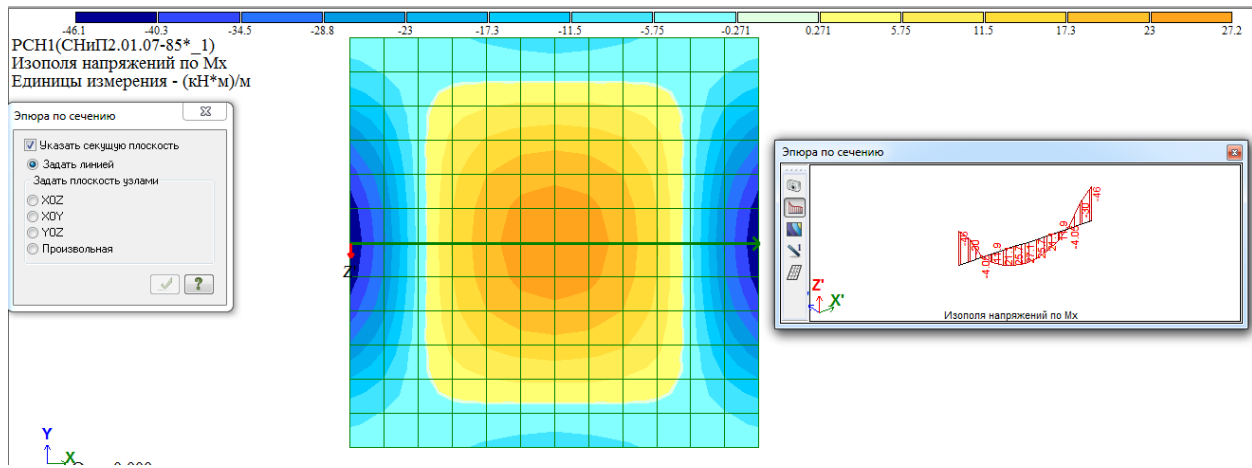
8. Формируем РСН

Расчетные сочетания нагрузок

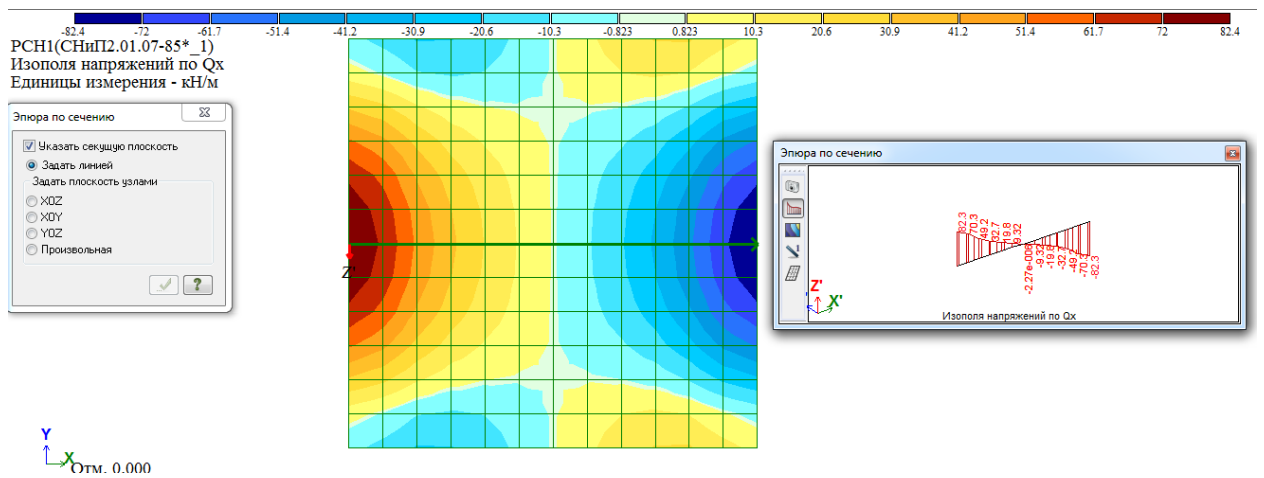
СНиП2.01.07-85*

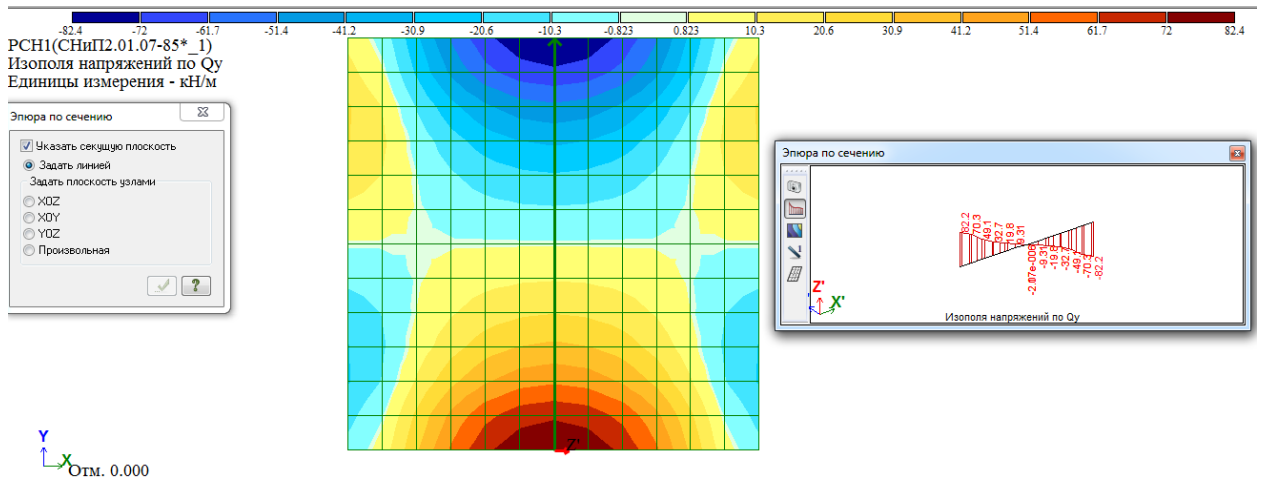
	№ загруз.	Наименование	Вид	Знакоперем.	Взаимоискл.	Козф. надежн.	Доля длительн.	1	2
1	1	Загрузка 1СВ	Постоянное(П)	+		1.1	1.0	1.1	1.
2	2	Загрузка 2 Пол	Кратковременное(К)	+		1.2	.35	1.2	1.
3	3	Загрузка 2Полезная	Кратковременное(К)	+		1.2	.35	1.2	1.

9. Анализируем результаты статического расчета



Распределение изгибающих моментов M_x и M_y показывает, что они разнозначны и это значит, что армировать плиту необходимо двумя арматурными сетками – нижней сеткой у нижней поверхности плиты и верхней сеткой у верхней поверхности плиты.





10. Конструирование плиты

Варианты конструирования

Список вариантов конструирования схемы

1. Вариант 1

Назначить текстурим

Редактирование варианта

Номер: 1 ID:

Имя: Вариант 1

Расчет сечений по:

РСУ

РСН СП 20.13330.2016_1

Усилия

Железобетонный расчет

Нормы: СП 63.13330.2012 Параметры...

Стальной расчет

Нормы: СП 16.13330.2011 Коэффициенты

Расчет армокаменных конструкций

Нормы: СНиП II-22-81 Параметры...

Общие характеристики

Модуль армирования Система % армирования

Плита СНО СО Min 0,05 Max 10

Точность (%) на стадии Армирование

предварительного расчета 20

основного расчета 1

Привязка ц.т. арматуры

книзу сечения a1 3 см

кверху сечения a2 3 см

к боку a3 3 см

Конструктивные особенности стержней

НЕ учитывать конструктивные требования

Стержень Балка Колонна - пилон

Колонна рядовая Колонна первого этажа

Выделять угловые арматурные стержни

Располагать боковую арматуру в полке

Подбирать арматуру по теории Вуда

Подбирать поперечную арматуру на 1 кв.м.

Расчет с учетом совместной работы Mkr, M, Q

Учесть поправки п.3.52 Пособия к СП 52-101-2003

Расчет по предельным состояниям II-й группы

Ширина трещины

Продолжительного раскрытия, мм 0,3

Непродолжительного раскрытия, мм 0,4

Шаг арматурных стержней, мм

Диаметр, мм 100

Длина элемента, Расчетные длины

Длина Расчетная длина LY 1

Коэффициент расчетной длины LZ 1

Комментарий Общие характеристики

Характеристики бетона

Бетон

Класс бетона В25

Вид бетона тяжелый

Марка по средней плотности D 800

Диаграммы состояния

$\sigma_b \sigma_{b2} = \sigma_{b0} + R_b$

$\sigma_{b1} \sigma_{b2} = \sigma_{b0} + \sigma_{b1} + R_b$

Коефф. условий работы $\gamma_{b2} \gamma_{b3} \gamma_{b5}$

1 1 1

Случ. эксцентриситеты

По высоте сечения EY 0 см

По ширине сечения EZ 0 см

двухлинейная

Относительная влажность воздуха, (%) 80

Значения	Значения, МПа
Rb	14.50
Rbt	1.05
Rbn	18.50
Rbtrn	1.55
Rb,ser	18.50
Rbt,ser	1.55
Eb	30000.00

Комментарий Характеристики бетона

Жесткости и материалы

Назначить эл.элементам схемы

Жесткость:

1. Пластина Н 20

Материалы: СП 63.13330.2012 Вариант 1

Тип	Бетон	Арматура
1. плита	1.B25	1.A400

Жесткости Ж/Б Сталь

Задание параметров для железобетонных конструкций

1. плита Общие характеристики

Выделяем плиту Ctrl+A и присваиваем жесткость. Выполняем расчет.

Для просмотра информации об армировании плиты следует на панели Пластины выбрать интересующее направление и расположение армирования относительно местной оси Z элемента – нижнее или верхнее

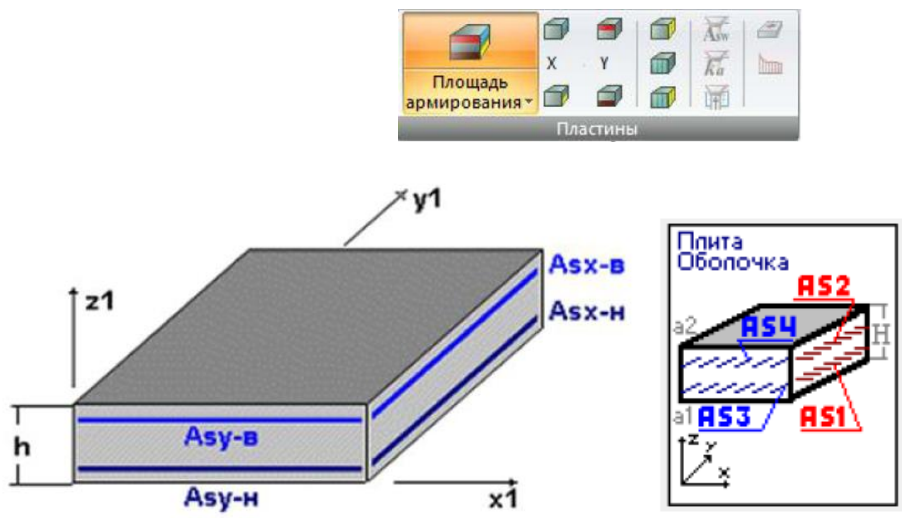
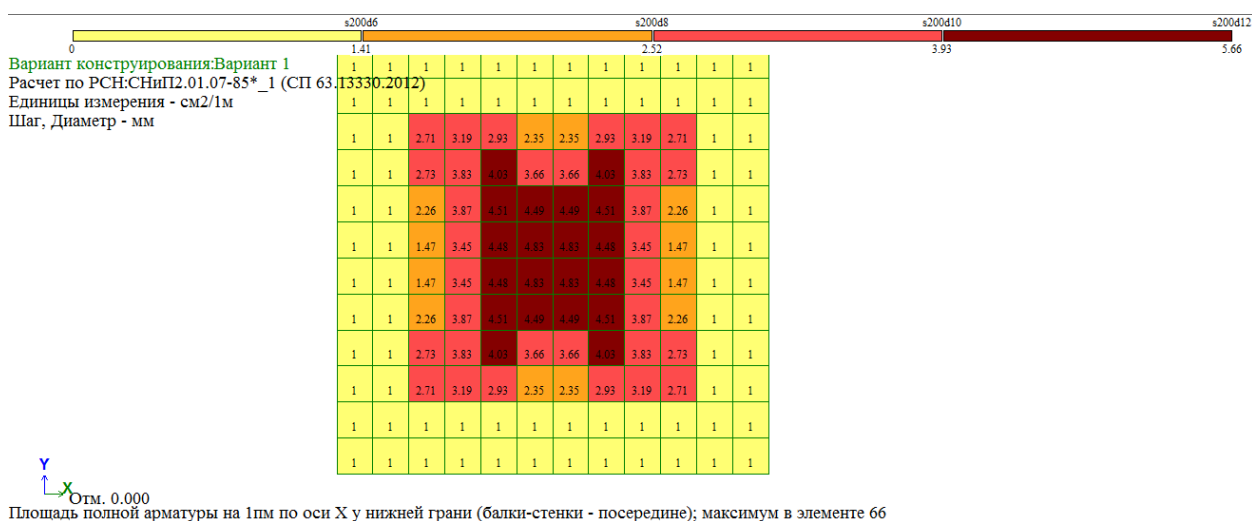


Схема расположения арматуры в поперечном сечении плиты

Доступны результаты подбора продольной арматуры (см²) на погонный метр
 AS1 (ASx-n) - площадь нижней арматуры по направлению X;
 AS2 (ASx-v) - площадь верхней арматуры по направлению X;
 AS3 (ASy-n) - площадь нижней арматуры по направлению Y;
 AS4 (ASy-v) - площадь верхней арматуры по направлению Y;
 поперечной арматуры (см²) на погонный метр
 ASW1 - поперечная арматура по направлению X;
 ASW2 - поперечная арматура по направлению Y.

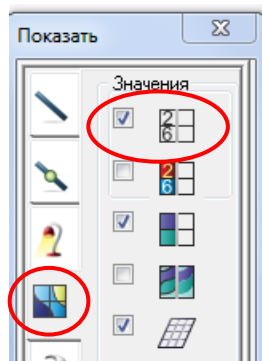
Распределение арматуры. Рисунок показывает распределение теоретически необходимого армирования по полю пластины.



На шкале указан шаг стержней и их диаметр. Под шкалой – площадь арматуры в см² на 1 пог. м., т.е. для пяти стержней.

Внизу экрана уточняется номер элемента с максимально требуемой площадью арматуры.

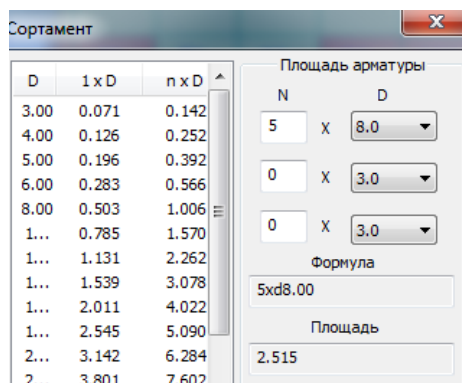
Через полифильтр находим элемент бб и уточняем требуемую площадь арматуры. Или через Флаги рисования – Значения



На практике устройство армирования требует учета как конструктивных, так и технологических требований. Технология устройства арматуры плит предусматривает, обычно, укладку двух арматурных сеток – фоновой и дополнительной. Фоновая арматура укладывается по всей поверхности плиты, а дополнительная в местах, требующих увеличения площади сечения арматуры по сравнению с фоновой арматурой. Необходимо также, удовлетворять требованию минимального армирования. Согласно требованию п. 10.3.6 СП 63.13330.2012 минимальный процент армирования для изгибаемых элементов должен быть больше $\mu_{smin} \geq 0,1\%$. Из этого условия для рассматриваемого примера при толщине плиты $h = 20$ см и ширине сечения для которого подбирается арматура $b = 100$ см, вытекает: минимальная площадь поперечного сечения арматуры на полосу шириной 1 м

$$A_{smin} = h \times b \times \mu_{smin} = 20 \times 100 \times 0,001 = 2 \text{ см}^2.$$

Этому требованию отвечает армирование из 5 стержней $d = 8$ мм



Далее необходимо задаться максимальным шагом стержней S из технологических требований по устройству арматурных сеток. Шаг необходимо выбрать таким, чтобы при устройстве верхней арматуры нога

рабочего в обуви не проваливалась между арматурными стержнями и вторых, чтобы арматура под ногами рабочих не деформировалась. Этим условиям удовлетворяет шаг стержней не более 200 мм. Что касается диаметра арматуры для нижних сеток можно применять $d=10$ мм, а для верхних $d=12$ мм.

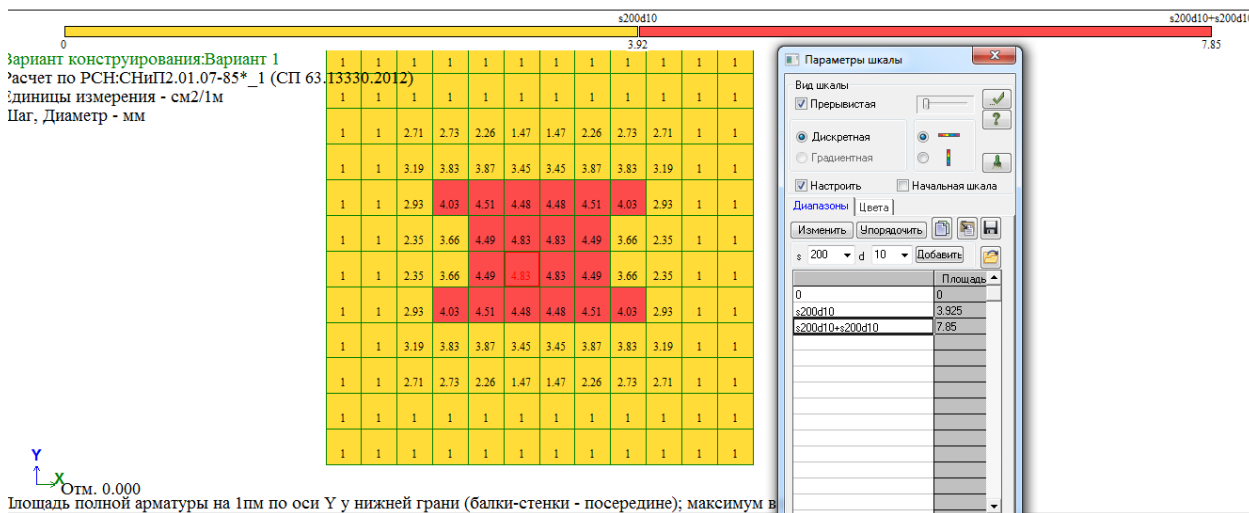
11. Вычисление теоретической рабочей арматуры

Принимаем в нижней зоне по направлению X фоновую арматуру $d10$ с шагом 200 мм, дополнительную – в середине пролета так же $d10$ с шагом 200 мм, т.е. в этой зоне стержни сетки будут разложены с шагом 100 мм.

Получаем карту армирования

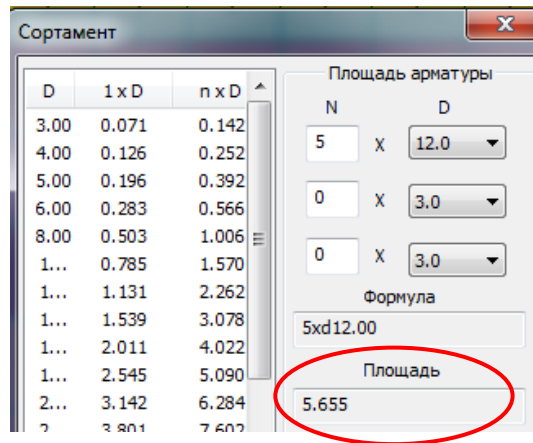


В нижней зоне по направлению Y – аналогично.

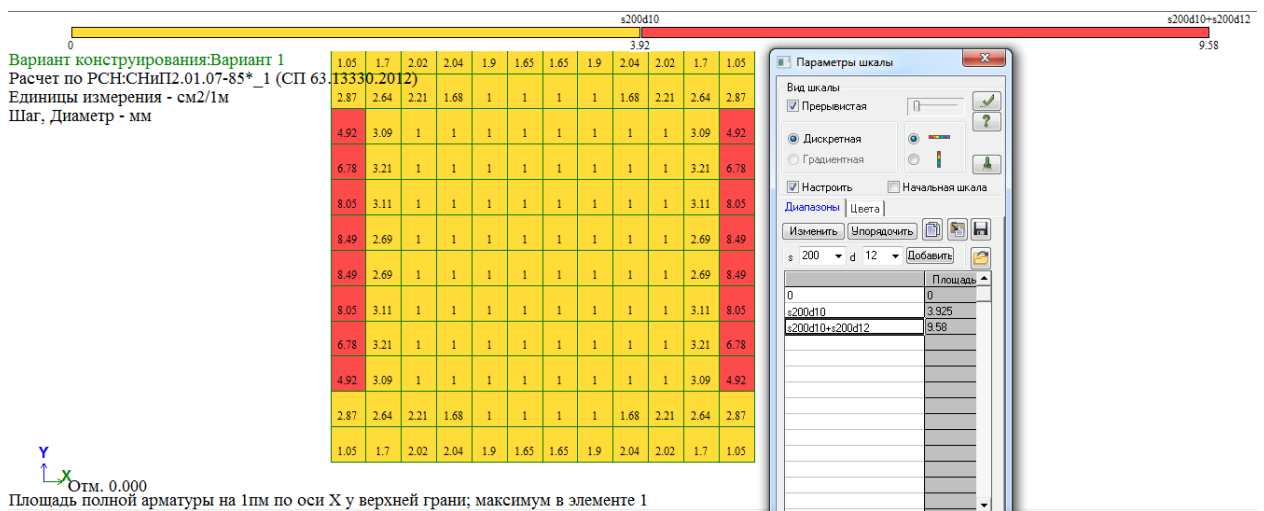


В верхней зоне по X фоновая арматура $d10$ с шагом 200 мм. Дополнительную арматуру в опорной зоне можно оценить

$8,49 \text{ см}^2 - 3,925 \text{ см}^2 = 4,565 \text{ см}^2$. Эту площадь можно обеспечить пятью стержнями $d12$ мм с шагом 200 мм и с площадью поперечного сечения на полосу 1 м $5,66 \text{ см}^2$.



Таким образом, дополнительную арматуру принимаем в опорной зоне плиты d12 с шагом 200 мм.



В верхней зоне по Y – аналогично.

